DOI: https://doi.org/10.35516/jjas.v21i1.2034

Assessment of Vermicompost and Seaweed Extract Efficiency in Enhancing Maize Hybrid Tolerance to Water Stress

Reem Aledelbi* [*1] and Esraa Samir AL-Boush[2]

[1] Assistant professor at Agriculture Technical Institute, Damascus University.

[2]Assistant professor at Field Crops Department, Faculty of Agriculture, Damascus University.

Received on 13/12/2023 and Accepted for Publication on 3/8/2024

ABSTRACT

The research was conducted at Abu Garash Farm, Faculty of Agriculture, Damascus University, during the 2023 agricultural season. The aim was to study the effect of vermicompost fertilizer and seaweed extract on enhancing the tolerance of four maize hybrids to water stress before reaching the flowering stage, approximately 17 days prior. The experiment was designed using a randomized complete block design (RCBD) with three replications. The results indicated significant differences among the fertilizer treatments, hybrids, and the interaction between hybrids and fertilizer treatments for all the studied traits. The hybrid (IL-200-14 × IL-90-14) exhibited superiority in leaf area (5396 cm^2), number of grains per cob (326.1 $grain.cob^{-1}$), and grain yield per plant (56.21 $g.\ plant^{-1}$). Conversely, the vermicompost fertilizer treatment showed superiority in plant height (157.53 cm), leaf area (4865 cm^2), number of grains per cob (359.8 $grain.cob^{-1}$), 100-grain weight (20.28 g), and grain yield per plant (73.5 $g.\ plant^{-1}$). These results suggest the positive impact of vermicompost fertilizer in enhancing the crop's ability to tolerate drought stress and produce a good grain yield.

Keywords: Genetic improvement, drought, organic fertilizer, economic yield, grain yield.

* Corresponding author E-mail: esraabosh@gmail.com

© 2025 DSR Publishers/The University of Jordan. All Rights Reserved.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY-NC) license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0 /)

تقييم كفاءة الفيرمي كمبوست ومستخلص الأعشاب البحرية في زيادة تحمّل هجن من الذرة الصفراء للإجهاد المائي

ريم نزار الإدلبي[1] و إسراء سمير البوش[2]*

[1] مدرّس معاون في المعهد التقاني الزراعي بدمشق، جامعة دمشق، الجمهورية العربية السورية.
[2] مدرّس في قسم المحاصيل الحقلية، كلية الهندسة الزراعية، جامعة دمشق، الجمهورية العربية السورية.

تاريخ استلام البحث 2023/12/3 وتاريخ قبوله 2024/8/3

ملخص

نُفّذ البحث في مزرعة أبي جرش بكلية الهندسة الزراعية في جامعة دمشق خلال الموسم الزراعي 2023، بهدف دراسة تأثير سماد الفيرمي كمبوست ومستخلص الأعشاب البحرية في رفع قدرة أربعة هجن من الذرة الصفراء على تحمل الإجهاد المائي المطبق عليها قبل الوصول إلى مرحلة الإزهار بنحو 17 يوماً. وضعت التّجربة وفق تصميم القطّاعات الكاملة العشوائيّة العامليّة (RCBD)، بثلاثة مكرّرات. بيّنت النّتائج وجود فروقات معنويّة بين معاملات التسميد والهجن والتفاعل ما بين الهجن ومعاملات التسميد لجميع الصفات المدروسة. أظهر الهجين (IL-90-14×IL-200-14) تفوّقاً في صفات المساحة الورقية في النبات (5396 سم^2)، عدد الحبوب في العرنوس (326.1 حبة. عرنوس$^{-1}$)، والغلّة الحبيّة للنبات (56.21 غ. نبات$^{-1}$). بالمقابل، أظهرت معاملة التسميد بالفيرمي كمبوست تفوقاً في صفات ارتفاع النبات (157.53 سم)، المساحة الورقية في النبات (4865 سم^2)، عدد الحبوب في العرنوس (359.8 حبة. عرنوس$^{-1}$)، وزن المئة حبة (20.28 غ)، والغلّة الحبيّة للنبات (73.5 غ. نبات$^{-1}$). تُشير هذه النتائج إلى التأثير الإيجابي لسماد الفيرمي كمبوست في تعزيز قدرة المحصول على تحمل الجفاف وإنتاج غلّة حبيّة جيدة.

الكلمات الدالة: تحسين وراثي، الجفاف، سماد عضوي، غلّة اقتصادية، الغلّة الحبيّة.

المقدمـة

تُعد الذرة الصفراء *Zea mays* L. أحد المحاصيل الصيفية الرئيسة التي تُزرع في منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط Mediterranean environments ، وتعتبر المياه من العوامل الرئيسة المحددة لزراعة الذرة الصفراء والمعتمدة على مياه الري في الموسم الصيفي للحصول على ناتج مجدي اقتصاديا Economic yield حيث أنّ عملية الري بكميات كافية من المياه العذبة أصبحت مكلفة جداً بسبب ارتفاع أسعار المحروقات و تراجع منسوب المياه الجوفية واتباع طرق ري غير كفوءة (الري بالغمر) و التغيرات المناخية التي ترافقت مع ارتفاع متوسط درجات الحرارة للوسط المحيط (Taylor & Penner, 1994)، ما أدّى إلى ازياد الفواقد المائية بالتبخر والنتح، الأمر الذي يصعب معه تأمين كمياتٍ كافية من مياه الري خلال مختلف مراحل النمو، بخاصةٍ مرحلة الإزهار، بعد اكتمال النمو الخضري وازدياد الطلب على المياه، الأمر الذي يمكن أن يُعرّض نباتات الذرة الصفراء إلى فتراتٍ قصيرة أو متوسطة، وأحياناً طويلة من الإجهاد المائي المترافق مع إجهاد الحرارة المرتفعة Heat stress. بيّنت العديد من البحوث المنفذّة لتقييم استجابة الأنواع المحصولية المختلفة لظروف نقص المياه، أنَّ محصول الذرة الصفراء حسّاس جداً للجفاف، وخاصةً خلال مرحلة الإزهار Flowering (Otegui & Andrade, 2015). ويمكن أن يؤدي الإجهاد المائي خلال مرحلة الإزهار في الذرة الصفراء إلى انخفاض الغلّة الحبية بنسبة قد تزيد عن 90% (NeSmith & Ritchie, 1992).

يُعرّف سماد الفيرمي كمبوست على أنّه الأكسدة الحيوية للمخلفات الزراعية بمشاركة بين الديدان الأرضية والكائنات الحية الدقيقة حيث تقوم هذه الكائنات بالتغذية على هذه المخلفات في توفر الظروف المناسبة وتقلل حجمها بنسبة 40-60%، فتعمل الكائنات الحية على طحن وتحليل المواد العضوية وتُغير من تركيبها الفيزيائي والكيميائي، مما يقلل تدريجياً من نسبة الكربون إلى النيتروجين، ويزيد من مساحة السطح المعرضة للكائنات الحية الدقيقة ويجعلها أكثر ملاءمة للنشاط الميكروبي وبالتالي زيادة تحللها. فيكون المنتج النهائي، أو السماد الدودي، عبارة عن مادة تشبه النسيج الرخو مقسمة بدقة ذات مسامية عالية وقدرة على الاحتفاظ بالمياه وتحتوي على العناصر الغذائيه الكبرى والصغرى بصورة قابله للامتصاص من النبات (Dominguez & Edwars, 2004).

يؤدي استخدام السماد الدودي في الإنتاج الزراعي إلى بعض من الآثار المفيدة نذكر منها تقليل كميات مياه الري (Olle, 2019)، زيادة مقاومة الآفات، تقليل نمو الأعشاب الضارة، تسريع معدلات إنبات البذور ونمو وتطور الشتلات السريع، وزيادة في إنتاج وغلّة محاصيل الحبوب، وعلى الرغم من فوائده، إلا أنّه لم ينتشر استخدامه على نطاق واسع بعد (Anonymous, 2009). نفذَّ Guo *et al.*, (2015) دراسة في جامعة شاندونغ الزراعية في الصين، بهدف مقارنة سماد الفيرمي كمبوست بالكمبوست التقليدي الناتج من مخلفات الماشية على إنتاج محصول الذرة الصفراء. أظهرت النتائج أن كمية العناصر الغذائية الناتجة عن الفيرمي كمبوست أقل من تلك الموجودة في سماد الكمبوست التقليدي. ومع ذلك، كانت إنتاجية هكتار الفيرمي كمبوست (2172.0 كغ)، مما وفّر دخلا إضافياً قدره 4008.1 دولاراً أمريكياً للمزارعين. علاوة على ذلك، أدى التسميد الدودي إلى زيادة الكتلة الحيوية Biomass فوق الأرض بنسبة % 7.7 وإنتاج حبوب الذرة بنسبة 18.3% وبالتالي كان الإنتاج العالمي من سماد الفيرمي كمبوست أعلى بنسبة 304%. أشار Tufa (2023) من خلال تجربة حقلية نفذها في منطقة جوتو جيدا الأثيوبية عام 2021 لتحديد تأثير مستويات من الفيرمي كمبوست (0، 2.5، 5، و7.5 طن. هكتار$^{-1}$) مخلوطة مع الأسمدة الكيميائية NPSZnB (0، 50، 100، 150 كغ. هكتار$^{-1}$) على نمو وإنتاجية الذرة الصفراء، وفق تصميم القطاعات الكاملة العشوائية (RCBD). أظهرت النتائج تأثر كلٍّ من المؤشرات التطورية Crop phenology وإنتاجية الكتلة الحيوية Biomass yield بشكل كبير بمستويات الفيرمي كمبوست مع السماد الكيميائي. أثر سماد الفيرمي كمبوست مخلوطاً مع السماد الكيميائي بشكل ملحوظ على ارتفاع النبات دليل مساحة الورقة، وزن العرنوس، وزن الألف حبة، والغلّة الحبية. وأدى تطبيق (5 طن. هكتار$^{-1}$) فيرمي كمبوست مع (100 كغ. هكتار$^{-1}$) من السماد NPSZnB زيادة الغلّة الحبيّة بنسبة 10.36%.

يُطلق تسمية الأعشاب البحرية Seaweed على النباتات النامية في البحار أو المياه غير العذبة، ولها ثلاثة ألوان رئيسية: أحمر، أخضر، بني، حيث تكتسب هذه الألوان نتيجة احتوائها على مجموعة من الجزيئات أهمها: (chlorophyll a, chlorophyll b and c, B carotene, xanthophylls) ، وتتواجد الأعشاب البحرية ذات اللون البني بأطوال تتراوح بين (2-4) م، بينما تكون الأعشاب ذات اللون الأحمر أقل طولاً ويتراوح بين بضع سنتيمترات وحتى متر واحد Omar *et al.*, (2014). حيث تُسرع مستخلصات الأعشاب البحرية من نمو النباتات وتزيد من صحتها (Khan *et al.*, 2012). أفاد العديد من الباحثين أن الأعشاب البحرية تعزز عملية التمثيل الضوئي عن طريق زيادة مستويات الكلوروفيل في النبات. أصبحت مستخاصات الأعشاب في الوقت الراهن مقبولة على نطاق واسع في الزراعة (Sivasankari *et al.*, 2006)، حيث أنّ استعماله في تسميد محاصيل الفاكهة والخضروات والزهور أدى إلى إنتاجية أعلى، زيادة امتصاص مغذيات التربة، زيادة المقاومة لبعض الآفات مثل سوس العنكبوت الأحمر والمن، وتحسين إنبات البذور، وتحسين مقاومة النباتات للصقيع. كما أدت إضافة المستخلص المائي للأعشاب البحرية على التربة إلى زيادة تركيزات الكلوروفيل في أوراق النباتات المعالجة مقارنة بالنباتات الشاهدة المعالجة بكمية مكافئة من الماء (Moller & Smith, 1998) .

ثَبُتَ أنّ مسحوق الأعشاب البحرية مصدر جيد للسماد عندما يتم مزجه مع التربة بكميات صغيرة لزراعة محاصيل الخضروات. تعزز التربة المعاملة بالأعشاب البحرية إنتاج الجذور الجانبية والأوراق والوريقات والصفيحات الورقية

Lamina (Sangeetha & Thevananthan, 2010). تأكّد وجود أكثر من 60 نوعاً مختلفاً من العناصر الغذائية في الأعشاب البحرية. علاوة على ذلك، تحتوي الأعشاب البحرية على مجموعة معقدة من المنشطات الحيوية والمواد المغذية والكربوهيدرات (Sivasankari *et al.*, 2006). توجد أكبر كمية من البوتاس القابل للذوبان في الماء والمعادن الأخرى والعناصر الصغرى في الأعشاب البحرية وتمتصها النباتات وزيادة مقاومة الأمراض. (Lakshmi & Sundaramoorthy, 2010) تحتوي مستخلصات الأعشاب البحرية على منظمات نمو النباتات الطبيعية؛ وتشمل منظمات النمو الرئيسة الأوكسينات Auxin، السيتوكينينات Cytokinins، الإندولات Indoles، والهرمونات الأخرى Hormones (Zhang *et al.*, 2003). بيَّنت الكثير من الدراسات والأبحاث قدرة مستخلص الأعشاب البحرية على زيادة الإنتاجية في العديد من الأنواع النباتية وتحسين قدرتها على تحمل الإجهادات البيئية وبخاصة الجفاف والملوحة وذلك نتيجة احتوائها على منظمات ومنشطات النمو السابقة الذكر مما يزيد من وزن المجموع الجذري ويزيد كذلك من فعالية عملية التمثيل الضوئي (Sultana *et al.*, 2005) .

يحتوي مستخلص الأعشاب البحرية على مركبات البيتين والشبيهة بالبيتين Betaines and betaine-like compounds وهي من الذائبات العضوية التوافقية والتي لها دور مهم في عملية التعديل الحلولي وبالتالي تقلل من الأثر السلبي للاجهاد الحلولي الناتج عن الاجهاد الملحي (Salma *et al.*, 2014)، حيث تعمل على خفض الجهد المائي Water potential (Ψw) داخل الخلايا النباتية، وزيادة فرق التدرج في الجهد المائي بين النبات والوسط المتملح في منطقة انتشار الجذور، ما يساعد في زيادة معدل تدفق الماء وامتصاصه من قبل النبات، كما درس Omar *et al.*, (2014) تأثير الطحالب البحرية على نمو محصولي الذرة الصفراء وعباد الشمس، حيث نقعت بذور النباتات لمدة 6 ساعات في مستخلص Gracilaria corticata بتركيز 0.5 %، وEnteromorpha flexuosa بتركيز1%. ثُمَّ زُرعت البذور المنقوعة مسبقاً في تربة تسقى شهرياً وممزوجة بمسحوق الأعشاب البحرية. أظهرت النتائج أنّ تطبيق G. corticata وE. flexuosa أدى إلى تحسن طول البراعم، طول الجذور، الأوزان الجافة للبراعم والجذور، والأصباغ الضوئية، ومحتويات الكربوهيدرات والبروتين، وامتصاص العناصر الغذائية (النتروجين، الفوسفور، البوتاسيوم، الكالسيوم، المغنيزيوم، الحديد، المنغنيز، والزنك)، والهرمونات النباتية (حمض الإندول-3 أسيتيك IAA، الجبرلينات، والسيتوكينينات)، وأنّ نتائج استخدام مستخلص وبودرة E. flexuosa هي الأعلى ضمن ظروف التجربة.

يهدف البحث إلى دراسة تأثير إضافة الفيرمي كمبوست ومستخلص الأعشاب البحرية في زيادة تحمّل أربعة هجن فردية من الذرة الصفراء للإجهاد المائي خلال مرحلة الإزهار Anthesis، وتقييم أثر الإجهاد المائي في بعض الصفات الفينولوجية والشكلية والإنتاجية خلال مرحلة الإزهار الحرجة بما يضمن انتخاب أفضل الهجن الأكثر تحملاً للإجهاد المائي من أجل الاستفادة منها في برامج التربية والتحسين الوراثي.

مواد البحث وطرائقه Materials and Methods:

تصميم التجربة Experimental Design:

نفّذ البحث في مزرعة أبي جرش، في كلية الهندسة الزراعية بجامعة دمشق، من خلال زراعة أربعة هجن من الذرة الصفراء. حيث تمّ اختيار هذه الهجن (الجدول، 1) بناءً على كفاءتها في استعمال مياه الري Water use efficiency (WUE) وغلتها الحبيّة الجيدة (البوش، 2021). تمَّت الزراعة بتاريخ 2023/6/4 في تربةٍ لومية طينية متوسطة المحتوى من الآزوت المعدني المتاح والبوتاس، وعالية المحتوى من الفوسفور، متعادلة، غير مالحة ومنخفضة المحتوى من المادة العضوية، فكان لابدَّمن إضافة سماد الفيرمي كمبوست لتحسين خواص التربة لما يتمتع من محتوى عالٍ من الآزوت الكلي (الجدول،2). حيث تمَّ تقدير الآزوت الكلي في كلٍّ من الفيرمي كمبوست والتربة بطريقة كلداهل باستعمال حمض الكبريت المركّز (Jones, 1991)، والآزوت المعدني في التربة بطريقة كلداهل باستعمال كلور البوتاسيوم (Keeney & Nelson, 1982)، والفوسفور المتاح في التربة (Olsen *et al.*, 1954) ، والبوتاسيوم المتاح في التربة (Black, 1965). وضعت التجربة وفق تصميم القطاعات الكاملة العشوائية (RCBD) وبثلاثة مكررات، حيث قُسّم الحقل

إلى ثلاثة قطاعات رئيسة تضمنت: (الفيرمي كمبوست، مستخلص الأعشاب البحرية، التفاعل ما بين الفيرمي كمبوست ومستخلص الأعشاب البحرية)، فيها قطع تجريبية، وكل قطعة تجريبية تحوي أربعة خطوط بطول 3 م وبأبعاد 75 سم بين الخط والآخر، و25 سم بين النباتات على الخط الواحد (مساحة القطعة التجريبية 4×3×0.75 = 9 م^2).

أضيف سماد الفيرمي كمبوست بمعدل (20.6 م^3. ه$^{-1}$) وفقاً للتوصيات السمادية المعتمدة في الهيئة العامة للبحوث الزراعية السورية (الزعبي وآخرون، 2022). وأضيف مستخلص الأعشاب البحرية مع مياه الري بمعدل (80غ) وقُسمت الكمية المطلوب إضافتها إلى ثلاث دفعات، أولاً عند الزراعة، ثمّ بعد شهر من الزراعة، وأخيراً عند بدء تطبيق الإجهاد المائي قبل الوصول إلى الإزهار بنحو 17 يوماً. وكانت معاملة التفاعل إضافة (50% فيرمي كمبوست + 50% مستخلص الأعشاب البحرية). وسُجّلت القراءات المطلوبة لكل هجين وفي كل قطعة تجريبية حقلياً وفي مخابر قسم المحاصيل الحقلية -كلية الهندسة الزراعية-جامعة دمشق.

الجدول رقم (1): الهجن المدروسة وغلّتها الحبّيّة.

رمز الهجين	الهجين	الغلّة الحبية (طن.هكتار$^{-1}$)	كفاءة استعمال المياه
H_1	IL-90-14 ×IL-272-06	12.944	1.25
H_2	IL-239-14 ×IL-456-06	11.758	1.15
H_3	IL-200-14 ×IL-90-14	11.225	1.10
H4	IL-272-06) ×IL-272-06 (IL-90-14	12.070	1.19

الجدول رقم (2): الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة موقع التجربة والخصائص الكيميائية لسماد الفيرمي كمبوست ومستخلص الأعشاب البحرية

خصائص تربة موقع التجربة قبل الزراعة										
المؤشر	التحليل الميكانيكي (%)			الخصائص الكيميائية						
	رمل	سلت	طين	%N الكلي	N المتاح (ppm)	P المتاح (ppm)	K المتاح (ppm)	pH	ECe (dSm^{-1})	المادة العضوية (%)
القيمة	29.80	30.95	39.25	0.18	9	48	40	7.30	0.200	0.75
الوصف	تربة لومية طينية			متوسط		عالٍ	متوسط	متعادلة	طبيعية	منخفض

بعض الخصائص الكيميائية لسماد الفيرمي كمبوست المستخدم				
%N الكلي	% P الكلي	%K الكلي	pH	ECe(dSm^{-1})	المادة العضوية (%)
0.94	0.8	1	7.3	2.3	%37

بعض الخصائص الكيميائية لسماد مستخلص الأعشاب البحرية المستخدم				
%N الكلي	% P الكلي	%K الكلي	الكربون العضوي %	المادة العضوية (%)
0.5	4	19	20	55

المصدر: قسم علوم التربة- كلية الهندسة الزراعية- جامعة دمشق والهيئة العامة للتقانة الحيوية بدمشق

الصفات المدروسة Investigated Traits:

النضج الفيزيولوجي Physiological maturity (يوم)، ارتفاع النبات Plant height (سم)، المساحة الورقية في النبات Plant Leaf area (سم^2)، عدد الحبوب في العرنوس No. of grain per cob (حبة. عرنوس$^{-1}$)، وزن 100 حبة Kernel weight – 100 (غ)، الغلّة الحبّيّة للنبات Grain yield per plant (غ. نبات$^{-1}$).

التحليل الإحصائي Statistical Analysis:

حُلّلت البيانات إحصائياً بعد تبويبها باستخدام برنامج GENESTAT.12 وتم تقدير قيم أقل فرق معنويL.S.D عند مستوى معنوية (5%) لتحديد معنوية القيم المدروسة ولمقارنة الفروقات بين المتوسطات.

النتائج والمناقشة Results and Discussion:

بيّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية ($P\leq0.05$) في جميع الصفات المدروسة بين الهجن، والمعاملات السمادية، والتفاعل بينهما تحت ظرف الإجهاد المائي.

لُوحظ أنّ معاملة الفيرمي كمبوست (الجدول، 3) أبدت أعلى القيم لمتوسطات صفات عدد الأيام حتى النضج الفيزيولوجي (106.28 يوم)، ارتفاع النبات (157.53 سم)، المساحة الورقية في النبات (4865 سم^2)، عدد الحبوب في العرنوس (359.8 حبة. عرنوس$^{-1}$)، وزن المئة حبة (20.28 غ)، والغلّة الحبّيّة للنبات (73.5 غ. نبات $^{-1}$). يُعزى ذلك إلى احتواء سماد الفيرمي كمبوست على منظمات نمو النبات مثل الأوكسينات والجبرلينات والسيتوكينينات، مما يعزز قدرة النبات على امتصاص العناصر الغذائية من التربة واستخدامها بشكل أمثل لتوليد كتلة حيوية أكبر وبالتالي زيادة كمية المادة الجافة المصنعة وانتقال العناصر الغذائية إلى الحبوب، ولاسيما مع نقص الماء المتاح في التربة خلال مرحلة الإزهار ويتفق ذلك مع نتائج(Guo *et al.*, 2015).

من ناحية أخرى، فقد بيّنت النتائج (الجدول، 3) أنّ متوسط عدد الأيام في النضج الفيزيولوجي الأعلى معنوياً كان لدى الهجين H_4 (108.89 يوماً) مقارنةً مع الهجن H_1 وH_2، في حين كان متوسط عدد الأيام حتى النضج الأدنى معنوياً لدى الهجين H_2 (96.93 يوم)، تلاه وبدون وجود فروقاتٍ معنوية الهجينين H_1 وH_3 (104.94، 107.83 يوم على التوالي)، لذلك يمكن ادخال وزراعة هذه الهجن (H_2، H_1، H_3) في العروة التكثيفية لمحصول الذرة الصفراء لقدرتها على التكيف مع ظروف البيئة المجهدة. وأظهرت الهجن H_3 وH_1 وH_4 أعلى القيم المعنوية لمتوسطات صفة ارتفاع النبات (151.44، 149.22 ، 147.11 سم على التوالي) مقارنة مع الهجين H_2. حيث بيّن الباحثان (Hume & Campbell, 1972) أنّ الساق في الذرة الصفراء تقوم بتخزين نواتج التمثيل الضوئي خلال مرحلة الإزهار، التي تتكوّن بصورةٍ رئيسةٍ من السكروز، مما يُسهم في زيادة الغلّة الحبّيّة. وأكّد عبد الجواد وأبو شتيّة (1998) أنَّ المواد السكرية المخزونة في الساق وأغماد الأوراق تنتقل إلى العرانيس عند تعرّض نبات الذرة إلى ظروف بيئيّة غير مواتية (إجهادات)، وتُعد هذه المواد الغذائيّة المتجمّعة (المخزّنة) في الساق وأغماد الأوراق القابلة للانتقال إلى العرانيس أثناء فترة امتلاء الحبوب من العوامل المحددة لدرجة امتلاء الحبوب، ومن ثمّ إنتاجيّة نباتات الذرة الصفراء في البيئات المجهدة مائياً.

كان متوسط المساحة الورقية في النبات الأعلى معنوياً لدى الهجين H_3 (5396 سم^2)، حيث تُعدُّ المساحة الورقية مقياساً لمقدرة النباتات على التمثيل الضوئي. فيما كان متوسط عدد الحبوب في العرنوس الأعلى معنوياً لدى الهجين H_3 (326.1 حبة. عرنوس$^{-1}$). يُعَتبر متوسط عدد الحبوب في العرنوس أحد المكونات المهمة للغلّة الحبّيّة للنبات في الذّرة الصفراء، وهي نتيجة لمكونين آخرين هما عدد الحبوب في الصف وعدد الصفوف في العرنوس، وهي تدل على تراكم المادة الجافة وإتاحتها خلال مرحلة الإزهار.

أبدت الهجن H_1 وH_3 وH_4 قيماً متقاربة لصفة وزن المئة حبة (الجدول، 3) وبدون وجود فروقات معنوية بينها (16.70، 16.41، 15.77 غ). إنّ وزن المئة حبة من مكونات الغلّة الحبيّة الأساسية في الذّرة الصفراء، ويعتمد على مدّة امتلاء الحبة وكمية المواد المُصنّعة التي تتأثر بالتركيب الوراثي أولاً

وبالظروف البيئية ثانياً (Daynard *et al.*, 1971). سُجّل متوسط الغلّة الحبّيّة للنبات الأعلى معنوياً لدى الهجين H_3 (56.21 غ. نبات $^{-1}$)، ويُعزى ذلك لامتلاك هذا الهجين أكبر مساحة ورقية (5452 سم^2) بين الهجن المدروسة، الأمر الذي ساعد في تصنيع كميةٍ أكبر من نواتج التمثيل الضوئي، وتوافرها خلال المراحل الأخيرة من فترة امتلاء الحبوب. توافقت النتائج السابقة مع نتائج (Tufa, 2023).

تُرجع التباينات المشاهدة بين الطرز الوراثية المختلفة إلى المكون الموروث (التركيب الوراثي Genotype)، والمكون غير الموروث أي تأثير البيئة Environment. وفي هذا السّياق لُوحظ من خلال دراسة تفاعل الهجن مع المعاملات السمادية المدروسة (الجدول، 3) أنّ متوسط عدد الأيام حتى النضج الأعلى معنوياً كان لدى الهجينين H_4 وH_3 تحت تأثير إضافة سماد الفيرمي كمبوست (110.50، 109.50 يوم على التوالي) مقارنة مع الهجين H_2 من المعاملة السمادية ذاتها، والهجن H_1 وH_2 تحت تأثير إضافة مستخلص الأعشاب البحرية. في حين كان متوسط ارتفاع النبات الأعلى معنوياً لدى الهجينين H_1 وH_3 تحت تأثير إضافة سماد الفيرمي كمبوست وبدون وجود فروقات معنوية بينهما (164.78، 162.67 سم على التوالي) مقارنةً مع الهجن المعاملة بإضافة مستخلص الأعشاب البحرية. وكان متوسط المساحة الورقية في النبات الأعلى معنوياً لدى الهجين H_3 تحت تأثير معاملتي التسميد فيرمي كمبوست و(50% فيرمي كمبوست + 50% مستخلص الأعشاب البحرية) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (5452، 5519 سم^2 على التوالي). وبالنسبة لصفة عدد الحبوب في العرنوس أبدى الهجين H_3 تحت تأثير إضافة سماد الفيرمي كمبوست أعلى قيمة معنوية (412.3 حبة. عرنوس$^{-1}$). كان متوسط وزن المئة حبة الأعلى معنوياً لدى الهجن H_1 وH_4 و H_3 تحت تأثير إضافة سماد الفيرمي كمبوست (21.86 ، 21.72، 20.95 غ على التوالي). وفي صفة الغلّة الحبيّة للنبات، سُجّلت أعلى قيمة معنوية لدى الهجينين H_3 وH_4 تحت تأثير إضافة سماد الفيرمي كمبوست (90.09، 78.03 غ. نبات $^{-1}$ على التوالي). يتوافق ما سبق مع نتائج Omar *et al.*, (2014; Guo *et al.*, 2015; Tufa, 2023).

الجدول رقم (3): يُبيّن متوسطات الهجن والأسمدة والتفاعل بينها في صفات النضج الفيزيولوجي، ارتفاع النبات، المساحة الورقية، عدد الحبوب في العرنوس، وزن المئة حبة، والغلّة الحبيّة للنبات.

الهجين	النضج الفيزيولوجي (يوم)				ارتفاع النبات (سم)			
	V.	SW.	تفاعل	المتوسط	V.	SW.	تفاعل	المتوسط
H_1	106.17 cd	103.50 bc	105.17 cd	104.94 b	164.78 f	129.33 a	153.56 de	149.22 b
H_2	98.95 ab	94.35 a	97.50 a	96.93 a	148.22 cd	121.78 a	130.67 ab	133.56 a
H_3	109.50 d	106.83 cd	107.17 cd	107.83 bc	162.67ef	141.44 c	150.22 cd	151.44 b
H_4	110.50 d	107.67 cd	108.50 cd	108.89 c	154.44 de	140.00 bc	cd 146.89	147.11 b
المتوسط العام	106.28 b	103.09 a	104.58 ab	104.65	157.53 c	133.14 a	145.33 b	145.33
المتغير الإحصائي	الهجين H	العامل البيني E		H*E	الهجين H	العامل البيني E		H*E
L.S.D.0.05	32.9	42.5		5.07	5.50	4.76		9.53
C.V (%)	2.9				3.9			
الهجين	المساحة الورقية في النبات (سم^2)				عدد الحبوب في العرنوس (حبة. عرنوس$^{-1}$)			
H_1	4966 d	4466 b	4599 bc	4677 b	350.0 ef	208.3 a	232.3 ab	263.6 ab
H_2	4797 cd	4497 b	4631 bc	4642. b	318.0 def	187.7 a	209.3 a	a 238.3
H_3	5519 f	5219 e	5452. f	5396. C	412.3 g	271.3 bcd	294.7 cde	326.1 c
H_4	4179 a	4044. a	4140 a	4121 a	358.7 fg	214.7 ab	240.3 abc	271.2 b

المتوسط العام	4865 c	4556. a	4705 b	4709	359.8 b	220.5 a	244.2 a	274.8
المتغير الإحصائي	**الهجين H**	**العامل البيئي E**		**H*E**	**الهجين H**	**العامل البيئي E**		**H*E**
L.S.D.0.05	128.5	111.3		222.5	31.19	27.01		54.03
C.V (%)	2.8				11.6			
الهجين	**وزن المئة حبة (غ)**				**الغلّة الحبيّة للنبات (غ. نبات $^{-1}$)**			
H_1	20.95 d	12.43 ab	13.93 b	15.77 b	73.29 e	26.00 ab	32.33 abc	43.87 b
H_2	16.58 c	10.53 a	12.34 ab	13.15 a	52.78 d	20.17 a	25.89 ab	32.94 a
H_3	21.72 d	13.18 b	14.32 bc	16.41 b	90.09 f	35.92 bc	42.63 cd	56.21 c
H_4	21.86 d	13.48 b	14.76 bc	16.70 b	78.03 of	28.88 abc	35.74 bc	47.55 b
المتوسط العام	20.28 c	a 12.41	13.84 b	15.51	73.5 b	27.7 a	34.1 a	45.1
المتغير الإحصائي	**الهجين H**	**العامل البيئي E**		**H*E**	**H الهجين**	**العامل البيئي E**		**H*E**
L.S.D.0.05	1.35	1.17		2.34	7.79	6.75		13.49
C.V (%)	8.9				17.7			

V: فيرمي كمبوست، SW: مستخلص الأعشاب البحرية

الاستنتاجات Conclusions:

تفوّقت معاملة إضافة سماد الفيرمي كمبوست لوحده على معاملتي مستخلص الأعشاب البحرية ومعاملة التفاعل بينهما في صفات ارتفاع النبات 157.53 سم، المساحة الورقية في النبات 4865 سم^2، عدد الحبوب في العرنوس 359.8 حبة. عرنوس$^{-1}$، وزن المئة حبة 20.28 غ، والغلّة الحبيّة للنبات 73.5 غ. نبات$^{-1}$.

أظهر الهجين (IL-90-14×IL-200-14) تفوّقاً في صفات المساحة الورقية في النبات 5396 سم^2، عدد الحبوب في العرنوس 326.1 حبة. عرنوس$^{-1}$، والغلّة الحبيّة للنبات 56.21 غ. نبات$^{-1}$.

التوصيات Recommendations:

استخدام السماد العضوي الفيرمي كمبوست في ظروف الإجهاد المائي لمحصول الذرة الصفراء كونه أثبت قدرته وكفاءته في الحفاظ على الطاقة الإنتاجية لنباتات الذرة الصفراء في الظروف البيئية المجهدة. وإجراء المزيد من الدراسات حول فوائد تطبيق التقنية الزراعية الحديثة في برنامج تسميد المحاصيل الزراعية بسماد الفيرمي الكمبوست بالنسبة للنبات والتربة والبيئة على حد سواء والجدوى الاقتصادية منه.

ادخال الهجين (IL-90-14×IL-200-14) في برامج التربية والتحسين الوراثي ضمن الظروف المجهدة.

التمويل:

هذا البحث ممول من قبل جامعة دمشق وفق رقم الممول 501100020595.

المراجع العربية:

البوش، اسراء. (2021). **دراسة طبيعة الفعل الوراثي لبعض الصفات الفيزيولوجية والكمية في عشائر الذرة الصفراء (Zea mays L.) لتحسين الكفاءة الإنتاجية**. أطروحة دكتوراه، قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق.

الزعبي، محمد منهل، البلخي، أكرم، الخضر أريج. (2022). **دليل الإدارة المتكاملة للأسمدة**. الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، دمشق، سورية. ص19-27.

عبد الجواد، عبد العظيم أحمد، عادل محمود أحمد أبو شتيّة. (1998). **إنتاج محاصيل الحقل**، جامعة عين شمس، كلّيّة الزراعة، القاهرة، ص 386.

REFERENCES

Anonymous. (2009). Earthworms vermicompost: A powerful crop nutrient over conventional compost and protective soil conditioner against destructive chemical fertilizers for food safety and security. *Am-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, *5*(5), 1–55. https://doi.org/10.4236/as.2012.37110

Black, C. A. (1965). *Methods of soil analysis: Part I, physical and mineralogical properties*. American Society of Agronomy.

Daynard, T. B., Tanner, J. W., & Duncan, W. G. (1971). Duration of the grain filling period and its relation to grain yield in corn (*Zea mays* L.). *Crop Science*, *11*(1), 45–48.

Dominguez, J., & Edwards, C. A. (2004). Vermicomposting organic wastes: A review. *Soil Zoology for Sustainable Development in the 21st Century*, 369-395.

Guo, L., Wu, G., Li, C., Liu, W., Yu, X., Cheng, D., & Jiang, G. (2015). Vermicomposting with maize increases agricultural benefits by 304%. *Agronomy for Sustainable Development*, *35*(3), 1149-1155. https://doi.org/10.1007/s13593-015-0307-0

Hume, D. J., & Campbell, D. K. (1972). Accumulation and translocation of soluble solids in corn stalks. *Canadian Journal of Plant Science*, *52*(3), 363–368. https://doi.org/10.4141/cjps72-056

Jones, J. B. (1991). *Kjeldahl method for nitrogen determination*. Micro-Macro Publishing.

Keeney, D. R., & Nelson, D. W. (1982). Nitrogen-inorganic forms. In A. L. Page (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Agronomy Monograph 9, Part 2* (2nd ed., pp. 643-698). Madison, WI: ASA, SSSA.

Khan, A. S., Ahmad, B., Jaskani, M. J., Ahmad, R., & Malik, A. U. (2012). Foliar application of a mixture of amino acids and seaweed (*Ascophyllum nodosum*) extract improves the growth and physicochemical properties of grapes. *International Journal of Agriculture and Biology*, *14*(3), 383–388.

Lakshmi, S., & Sundaramoorthy, P. (2010). Effect of chromium on germination and seedling growth of vegetable crops. *Asian Journal of Science and Technology*, *1*, 28–31.

Möller, M., & Smith, M. (1998). The significance of the mineral component of seaweed suspensions on lettuce (*Lactuca sativa* L.) seedling growth. *Journal of Plant Physiology*, *153*(5-6), 658–663. https://doi.org/10.1016/s0176-1617(98)80217-4

NeSmith, D., & Ritchie, J. (1992). Short- and long-term responses of corn to a pre-anthesis soil water deficit. *Agronomy Journal*, *84*(1), 107–113. https://doi.org/10.2134/agronj1992.00021962008400010021x

Olle, M. (2019). Review: Vermicompost, its importance and benefit in agriculture. *Journal of Agricultural Science*, *2*, 93–98. https://doi.org/10.15159/jas.19.19

Olsen, S. R., Cole, C. V., Watanabe, F. S., Dean, L. A., & United States Department of Agriculture. (1954). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. U.S. Dept. of Agriculture.

Omar, H. H., Abdullatif, B. M., Al-Kazan, M. M., & El-Gendy, A. M. (2014). Various applications of seaweed improve the growth and biochemical constituents of *Zea mays* L. and *Helianthus annuus* L. *Journal of Plant Nutrition*, *38*(1), 28–40. https://doi.org/10.1080/01904167.2014.911893

Otegui, M. E., & Andrade, F. H. (2015). New relationships between light interception, ear growth, and kernel set in maize. *Physiology and Modeling Kernel Set in Maize*, 89–102. https://doi.org/10.2135/cssaspecpub29.c6

Salma, L., Aymen, E. M., Maher, S., Hassen, A., Chérif, H., Halima, C., Mounir, M., & Mimoun, E. (2014). Effect of seaweed extract of *Sargassum vulgare* on germination behavior of two bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.) under salt stress. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*, *7*(2), 116–120. https://doi.org/10.9790/2380-0721116120

Taylor, K. E., & Penner, J. E. (1994). Response of the climate system to atmospheric aerosols and greenhouse gases. *Nature*, *369*(6483), 734–737. https://doi.org/10.1038/369734a0

Tufa, A. (2023). Vermicompost and NPSZnB fertilizer levels on maize (*Zea mays* L.) growth, yield component, and yield at Guto Gida, western Ethiopia. *International Journal of Agronomy*, *2023*, 1–11. https://doi.org/10.1155/2023/7123826

Zhang, X., Ervin, E. H., & Schmidt, R. E. (2003). Plant growth regulators can enhance the recovery of Kentucky bluegrass sod from heat injury. *Crop Science*, *43*(3), 952–956. https://doi.org/10.2135/cropsci2003.9520

Sangeetha, V., & Thevanathan, R. (2010). Biofertilizer potential of traditional and panchagavya amended with seaweed extract. *The Journal of American Science*, *6*(2), 61–67.

Sivasankari, S., Venkatesalu, V., Anantharaj, M., & Chandrasekaran, M. (2006). Effect of seaweed extracts on the growth and biochemical constituents of *Vigna sinensis*. *Bioresource Technology*, *97*(14), 1745–1751. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.06.016

Sultana, V., Ehteshamul-Haque, S., Ara, J., & Athar, M. (2005). Comparative efficacy of brown, green, and red seaweeds in the control of root infecting fungi and okra. *International Journal of Environmental Science & Technology*, *2*(2), 129–132. https://doi.org/10.1007/bf03325866